

DEUTSCHE BAUZEITUNG

MITTEILUNGEN ÜBER

ZEMENT, BETON- UND EISENBETONBAU

* * * * *

UNTER MITWIRKUNG * DES VEREINS DEUTSCHER PORTLAND-CEMENT-
* * FABRIKANTEN * UND * DES DEUTSCHEN BETON-VEREINS * *

VI. JAHRGANG.

No. 18.

Die Eisenbeton-Konstruktionen der städtischen Müllverbrennungs-Anstalt in Frankfurt a. M. (Schluß.)

Nach einem Vortrag, gehalten von Stadtbaurat Kölle in Frankfurt a. M. auf der XII. Hauptversammlung des „Deutschen Beton-Vereins“ zu Berlin 1909, erweitert durch Mitteilungen der A.-G. für Hoch- und Tiefbauten in Frankfurt a. M. Hierzu die Abbildungen S. 70, 71 und 75.

In Ergänzung der allgemeinen Beschreibung der Gesamtanlage seien noch einige nähere Mitteilungen über die Konstruktion gemacht. In Abbildung 13 ist ein Längsschnitt durch das Tragsystem der Maschinen-Halle gegeben, das zusammen mit Abbildung 4b in No. 17 alle Einzelheiten des Traggerüsts dieser Halle erkennen läßt. Durch 4 Binder wird die Halle in 5 Abschnitte geteilt. An den beiden Kopfenden sind besondere Binder nicht angeordnet, hier ruhen vielmehr die Längsbalken und das Gewölbe der letzten Felder unmittelbar auf den Frontmauern auf.

Die Ausführung der Tragkonstruktion des Maschinenhauses erfolgte derart, daß nach Fertigstellung der Fundamente und Binder die Schalungen für die Pfeiler und die Lehren für die Binder gleichzeitig aufgestellt wurden. Die Lehrgerüst-Pfosten, Abbildung 11 in No. 17, waren auf den Kellerfußboden abgestützt und bei der großen Höhe kräftig abgestrebt. Die Lehrbogen ruhten auf Keilen. Während des Einstampfens der Stützmauer der den Gewölbefuß stützenden großen Sturzbalken wurden die Eiseneinlagen der Bogenrippen und der Zwischenlängsträger montiert, an diesen das Moniergeflecht der Gewölbeschale aufgehängt, die Schalung für die Rippen und Zwischenbalken aufgestellt. Erst nachdem die Stampfarbeit an diesen beendet war, wurde die dünne Gewölbeschale eingestampft, die auf diese Weise vor Beschädigungen durch die Arbeiter bewahrt wurde.

Besonderes Interesse verdient die Konstruktion der siloartigen Müllbehälter, die, wieschon früher erwähnt ist, gleichzeitig zur Versteifung der tragenden Konstruktion des Ofenhauses mit herangezogen sind. In 6m Breite laufen diese Müllbehälter, die von oben mittels an Schienen hängender Müllkasten beschickt werden, in dem Ofenhaus an der Frontwand durch (vergl. Abbildg. 1 u. 2 in No. 16), und stehen mit seitlichen Auslauföffnungen unmittelbar mit den Öfen in Verbindung. Mittels Rechen wird das Müll, dem aus dem oberen Trockenraum entnommene Klärschlammbricketts beigemischt werden, aus den Behältern in die Öfen gezogen.

In den Abbildungen 14 und 15 ist die Tragkonstruktion dieser Behälter mit ihren Stützen und der über ihnen liegenden Decke des Trockenraumes dargestellt. Sie bestehen aus festen und herausnehmbaren Wänden. Letztere sind aus einzelnen, transportablen Balken gebildet, die auf der Baustelle gefertigt, dicht nebeneinander verlegt wurden. Der Querschnitt dieser Balken ist Uförmig. Die nach unten gerichteten Stege sind durch Querstege versteift. Diese liegen an solchen Stellen, wo die Längsarmatur hochgebogen ist, sodaß sie die Druckpfosten und die hochgezogenen Eisen die Zugstreben eines Fachwerkes bilden. Die Untersicht erhielt Rabetzputz. Das Ofenhausdach ist bereits in No. 17, Abbildung 4a, dargestellt. Es wurde als Betongewölbe mit darüber liegen-

dem Mansard-Holzdach und Ziegeleindeckung ausgebildet. Vier Ventilationsöffnungen von etwa 3,5 m Durchmesser, über denen sich Holzschlote mit Jalousien aufbauen, unterbrechen das Gewölbe. Die Uebertragung der Lasten und des Winddruckes an diesen Stellen erfolgte durch einen Verstärkungsring und ebensolche Rippen seitlich jeder Öffnung. Das Gewölbe hat 11,70 m Spannweite, 10 cm Scheitel und 15 cm Kämpferstärke, es ist doppelt armiert und als eingespanntes Gewölbe für Dachlast, Schnee und Wind berechnet worden. Gruppen von Dachluken durchbrechen an verschiedenen Stellen den Kämpfer. Hier wurden die Armierungsseisen büschelweise in die Pfosten ein-

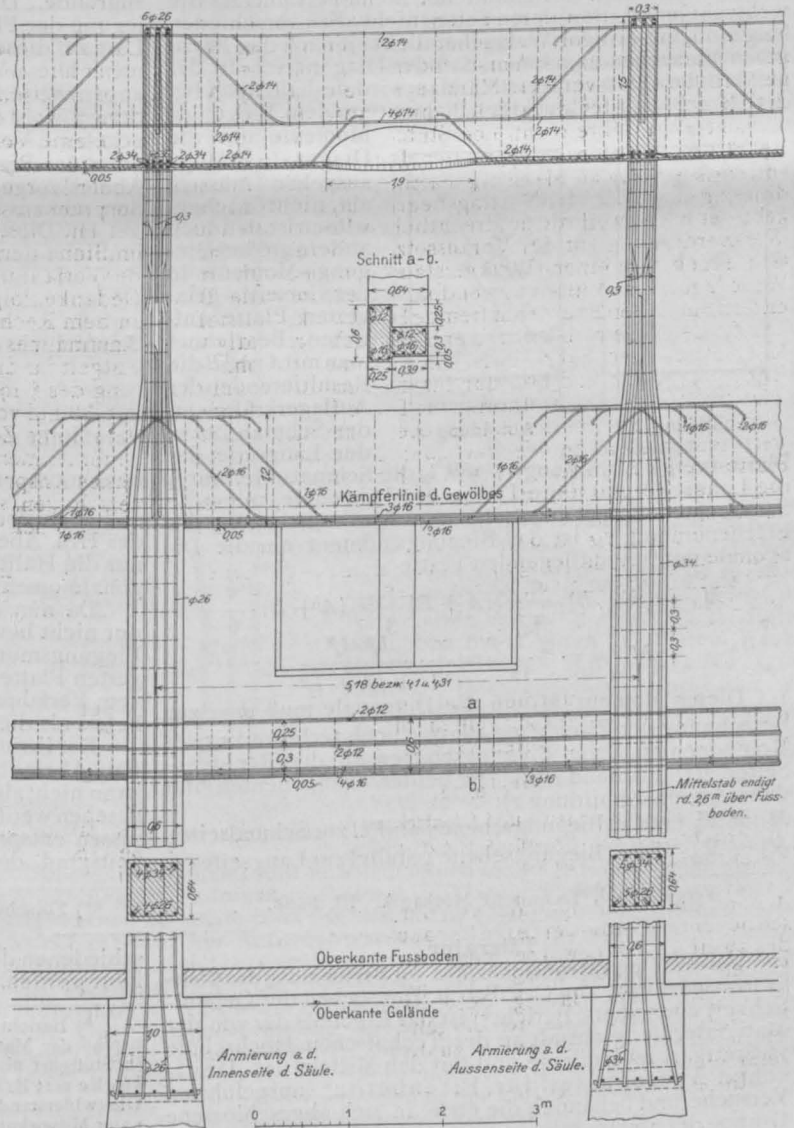


Abbildung 13. Längsschnitt durch ein Binderfeld des Maschinenhauses.

bezogen, sodaß sie aus diesen heraus fächerförmig in das Gewölbe überlaufen. Die Betonierung erfolgte in Streifen über das ganze Gewölbe hinweg in üblicher, zu Eisenbeton verwendeter Portlandzement-Rheinkiesmischung 1:4.

Die Anfahrtshallen befinden sich, wie eingangs erwähnt, beiderseits des Ofenhauses; sie haben je 2 Durchfahrten, von denen eine für elektrischen Straßenbahn-Betrieb, die andere für Fuhrverkehr vorgesehen wurde. In beiden Hallen werden nun die Müllwagenkasten durch elektrische Winden von den Untergestellen abgehoben, emporgewunden und an Schienen, die an der Decke befestigt sind, nach dem Müllbehälter abgefahren und entleert.

Eine Zwischendecke mit Durchlaßöffnung für die Wagen bildet eine Queraussteifung dieser Anbauten in mittlerer Höhe (Abbildung 3 in No. 16). Die obere Decke, 40 cm über der Decke der Müllbehälter bezw. dem Trockenboden des Ofenhauses, dient ebenfalls zur Speicherung und Trocknung von Schlammbricketts und zur Aufhängung der Laufschienen und Weichen zur Verteilung der Wagenkasten. Diese Decke ist als Kassettendecke ausgebildet, damit an jeder Stelle infolge anders auszugestaltenden Betriebes die Befestigung der Laufschienen möglich war. Sie ist für 800 kg Nutzlast und je 2 Wagen von 5000 sowie 2500 kg als Einzel-lasten in der Mitte berechnet; ihre Größe ist 11,6 · 9,3 m.

Ueber diesen Decken wölben sich im Anschluß an das

Tonnengewölbe des Ofenhauses, aber durch Ausdehnungsfugen von ihm abgetrennt, die Dächer der Einfahrtshallen. Diese sind wie diejenigen über dem Ofenhaus als Gewölbe mit darüberliegendem Holzdach und Ziegeldeckung hergestellt. Ihre Ausführungsform dürfte insofern Interesse bieten, als die eigentliche Tragkonstruktion Fachwerkträger ohne Diagonalen bilden. Sie sind kassettenförmig über dem Gewölbe angeordnet und so ausgesteift, daß sie nur senkrechten Druck ausüben, sofern man von den sich aus Temperatur-Schwankungen ergebenden, nicht bedeutenden Schüben absieht. Nach dem Gewölbe des Ofenhauses zu ruhen diese Binder auf einem besonderen Betonbogen, dessen Grundrißform infolge der Dachschräge gekrümmt ist. Die Binderfüße lagern auf dem Hauptgesims, das als Horizontalbalken zur Aufnahme eines Teiles des von den Bindern ausgeübten Horizontalschubes mit herangezogen wurde.

Die Ausführung erfolgte im Jahre 1907—1908 im Auftrage der Stadt Frankfurt, unter der Oberleitung des Hrn. Stadtrat Kölle, unter besonderer Leitung der Hrn. Stadtbauinsp. Uhlfelder und Bmstr. Schäfer durch die Akt.-Ges. für Hoch- und Tiefbauten in Frankfurt a. M., welche die Berechnung, spezielle Planung und Gründung der Eisenbeton-Konstruktionen, sowie auch einen Teil der Maurer-Arbeiten hergestellt hat. —

Die Berechnung vierseitig aufgelagerter Platten.

Von Professor Karl Hager in München.

In No. 15 der „Mitteilungen über Zement, Beton- und Eisenbetonbau“ entwickelt Hr. Dipl.-Ing. Abeles Formeln, welche zu einer „vorteilhaften und sicheren Dimensionierung“ mehrseitig aufgelagerter Platten führen sollen. Bekanntlich ist die Berechnung der vierseitig gelagerten rechteckigen Platten noch ein ungelöstes Problem der Festigkeitslehre, sodaß man hierbei noch auf Schätzungen angewiesen ist. Aber man kann heute schon für die quadratischen Platten mit ziemlicher Sicherheit und für die rechteckigen Platten, deren Seiten nicht allzu verschieden lang sind, mit einiger Wahrscheinlichkeit nach den Bachschen Versuchen annehmen, daß der Diagonalschnitt der gefährliche Querschnitt ist.*) Man wird deshalb auch bei der Berechnung rechteckiger Platten von dem Biegemomente um die

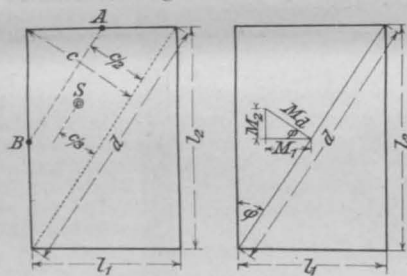


Abbildung 1.

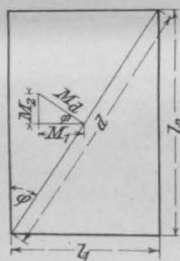


Abbildung 2.

Platte (vergl. Abbildung 1), mit l_1 die Schmalseite, mit l_2 die Langseite, mit d die Länge der Diagonale, mit c die Senkrechte auf die Diagonale und mit π die Belastung der Flächeneinheit, so ist das Biegemoment um die Diagonale der frei aufliegenden Platte

$$M_d = (A + B) \cdot \frac{c}{2} - (A + B) \cdot \frac{c}{3} = (A + B) \cdot \frac{c}{6}$$

$$M_d = \pi \cdot \frac{l_1 \cdot l_2 \cdot c}{12} = \pi \cdot \frac{l_1^2 \cdot l_2^2}{12 \sqrt{l_1^2 + l_2^2}}$$

Dieses Moment M_d um die Diagonale muß man zur Berechnung der Eisenbeton-Platten noch zerlegen in zwei Komponenten, deren Biegungebenen zu den Rechteck-Seiten gleichlaufend sind. Die beiden Komponenten sind daher (vergl. Abbildung 2):

$$M_1 = M_d \cdot \cos \varphi \quad (\text{Biegungeebene parallel zur Schmalseite}),$$

$$M_2 = M_d \cdot \sin \varphi \quad (\text{Biegungeebene parallel zur Langseite}),$$

*) Vergl. Föppl, Technische Mechanik. III. Band.

Literatur.

Versuche mit Eisenbetonbalken zur Bestimmung des Gleitwiderstandes usw. von C. v. Bach. Der soeben der Öffentlichkeit übergebene Bericht*) ist das Ergebnis der von der Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule in Stuttgart im Auftrage und mit den Mitteln des „Deutschen Ausschusses für Eisenbeton“ ausgeführten Versuche und behandelt die erste, in sich abgeschlossene Gruppe der umfangreichen Versuche, die nach gemeinsam festgesetztem Programm für den Ausschuß durch die ver-

$$M_1 = \frac{\pi}{12} \cdot \frac{l_1^2 \cdot l_2^2}{\sqrt{l_1^2 + l_2^2}} \cdot \frac{l_2}{\sqrt{l_1^2 + l_2^2}} = \frac{\pi}{12} \cdot \frac{l_1^2 \cdot l_2^3}{l_1^2 + l_2^2}$$

$$\text{Beispiel: } l_1 = 2; l_2 = 3; M_1 = \pi \cdot \frac{9}{13} = \pi \cdot \frac{180}{260}$$

Hr. Dipl.-Ing. Abeles erwähnt die Formel des Diagonalmomentes auch, legt sie aber seinen Berechnungen nicht zugrunde. Die von Hr. Dipl.-Ing. Abeles gewählte Zerlegung der Platte in zwei Träger und die Verteilung der Last auf diese beiden Träger ist ganz willkürlich angenommen. Diese Verteilung der Last könnte höchstens für die angenäherte Berechnung der Auflagerkräfte benutzt werden, obwohl auch für diese Berechnung das von Dr. Bosch gegebene Verfahren vorzuziehen ist.**) Für die Berechnung der Biegemomente kann dagegen die von Hr. Abeles vorgeschlagene Lastverteilung nicht benutzt werden, wie aus folgendem Beispiel hervorgeht:

Hr. Dipl.-Ing. Abeles findet für das Biegemoment im Sinne der Schmalseite der frei aufliegenden Platte

$$M_{\max} = \pi \cdot \left(\frac{l_1^2 \cdot l_2}{20} - \frac{l_1^3}{32} \right)$$

$$\text{Beispiel wie oben: } l_1 = 2; l_2 = 3$$

$$M_{\max} = \frac{7}{20} \pi = \pi \cdot \frac{91}{260}$$

Vergleicht man diesen Wert mit dem oben aus dem Diagonalmoment abgeleiteten Wert $M_1 = \pi \cdot \frac{180}{260}$, so sieht man,

daß nach der willkürlich angenommenen Lastverteilung des Hrn. Abeles ein Biegemoment gefunden wird, das nur die Hälfte der entsprechenden Komponente des Diagonalmomentes beträgt.

Da nun die Diagonalmomente sicher auftreten und nur nicht bewiesen werden kann, ob nicht noch größere Biegemomente bei den rechteckigen, vierseitig gelagerten Platten vorkommen, darf sicherlich nicht nach einem Verfahren gerechnet werden, das kleinere Momente liefert als die Rechnung mit Hilfe der Diagonalmomente.

Der Umstand, daß nach dem Rechnungs-Verfahren des Hrn. Abeles brauchbare Bauwerke ausgeführt worden sind, kann nichts als Beweis für die Richtigkeit des Verfahrens angesehen werden. Diese Bauwerke können zwar den Bedürfnissen entsprechen, haben aber keineswegs den Sicherheitsgrad, den man bei ihrer Berechnung voraussetzte. —

**) Forscherarbeiten auf dem Gebiete des Eisenbetons. Heft IX.

schiedenen deutschen Materialprüfungsanstalten durchgeführt werden. Die Versuche bezweckten, Aufschluß nament-

*) Bericht über die von dem „Deutschen Ausschuss für Eisenbeton“ der Materialprüfungsanstalt an der Kgl. Techn. Hochschule in Stuttgart übertragenen und im Jahre 1908 durchgeführten Versuche mit Eisenbetonbalken, namentlich zur Bestimmung des Gleitwiderstandes. Erstattet vom Vorstand dieser Anstalt, C. v. Bach, unter Mitwirkung von Ing. O. Graf. Heft 72—74 der Mitteilungen über Forschungsarbeiten, herausgegeben vom „Verein Deutscher Ingenieure“, Berlin 1909. Kommissionsverlag von Jul. Springer. Preis 3 M.

lich über die Größe des Gleitwiderstandes einbetonierten Eisens im gebogenen Balken zu geben, wenn der Wasserzusatz, der Sand, die übrigen Zuschläge, das Mischungsverhältnis usw. geändert werden. Sie bilden eine Ergänzung der sich auf gleichem Gebiete bewegenden Versuche v. Bach's, die im Auftrage der „Jubiläumsstiftung der deutschen Industrie“ seinerzeit ausgeführt sind.**)

Untersucht wurden durchweg Balken von 2 m Stützweite und 300 · 300 cm Querschnitt, mit Einlage eines einzigen geraden Eisens in der Zugzone, die durch 2 symmetrisch angeordneten Lasten in 1 m Abstand auf Biegung beansprucht wurden. Die Eisen waren an den Balkenköpfen

Normenprobe nach 28^{ten} Tagen), z. T. auch noch mit 2 anderen Zementen. Als Material für die Balken diente hauptsächlich Rheinsand (0—7 mm) und Rheinkies (7—20 mm), aber auch Quetschsand aus Kalkstein bzw. Basalt, Dresdener Grubensand und statt des Rheinkieses Basalt-Maschinengeschläge bzw. Bims Kies. Das Mischungsverhältnis war im allgemeinen 1 Raumteil Zement zu 2 Rt. Sand zu 3 Rt. Kies, es wurden daneben aber auch die Mischungen 1 : 1,5 : 2 und 1 : 3 : 4 und zwar mit Rheinsand und -Kies untersucht. Die meisten Prüfungen wurden mit 2 verschiedenen Wasserzusätzen α und β durchgeführt, von denen der erstere der unteren, der andere der oberen Grenze entsprach, die bei gewöhnlichen Eisenbetonbauten nicht wohl überschritten werden sollten. Einige Körper aber wurden auch mit geringerem Zusatz als α , d. h. etwa erdfuchtem Beton entsprechend, wieder anderssehrnaß, mit höherem Zusatz als β untersucht.

Auch die Oberflächen-Beschaffenheit und die Form der eingelegten Eisen wurden berücksichtigt. Im allgemeinen wurden Rundeisen von 25 mm Durchmesser verwendet, die in 20 mm Abstand von der Unterkante der Balken eingelegt wurden. Es kam gewöhnliches Handeleisen zur Verwendung, das vor dem Einbetonieren leicht abgerieben wurde, ferner stark rostiges Eisen. Die Eisen kamen außerdem z. T. erst dann zur Einlage, nachdem sie mit

Zementschlempe aus 1 Zement + 1 Rheinsand, oder auch mit reinem Zement bestrichen waren. Untersucht wurden auch je 3 Balken mit einem Flacheisen von 40 · 12 mm Stärke, flach- bzw. hochkant eingelegt, mit Winkeleisen von 50 · 50 · 6 mm Stärke, die mit nach oben bzw. unten geöffnetem Winkel einbetoniert waren, mit 1-Eisen N.P. 5, mit Johnson-, Diamond-, Lug-, Cup-Eisen, wie sie in Amerika vielfach verwendet werden mit dem Anspruch, dadurch eine höhere Tragfähigkeit zu erzielen und mit dem deutschen Welleneisen (Patent Doucas).

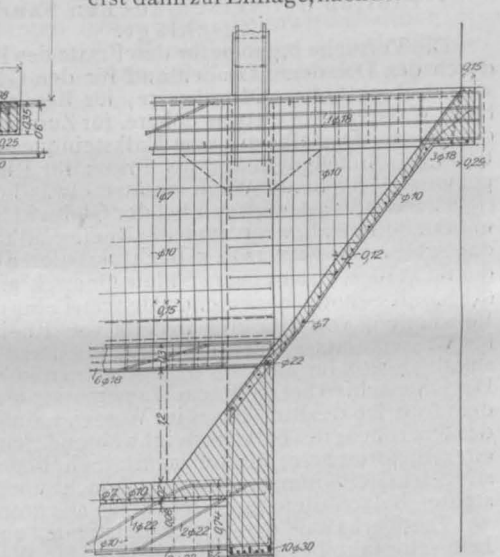


Abbildung 15. Längsschnitt durch ein Ende des Müllbehälters.

Schließlich sind, um den Einfluß des Kraft-Abstandes vom Auflager zu berücksichtigen, je 3 Balken hergestellt, bei denen dieser Abstand statt im allgemeinen 500 mm entweder mehr, 750, oder weniger, 250, beträgt. Im Ganzen umfaßt die Versuchsreihe 194 Balken, die sich auf 64 einzelne Versuchsreihen verteilen. Außerdem wurden 120 Zugkörper und ebenso viele Würfel hergestellt und zwar sämtlich in der Material-Prüfungs-Anstalt selbst. Beobachtet wurden an allen auf Biegung beanspruchten Balken die Verschiebung der Eiseneinlagen gegen die Stirnflächen, die gesamten bleibenden und federnden Durchbiegungen in Balkenmitte, die Belastung, unter welcher die Bildung von Rissen beobachtet wurde, ferner das Fortschreiten der Risse bei Steigerung der Last, die Höchstbelastung. Indem wir uns vorbehalten, auf die Versuche noch näher zurückzukommen, seien hier zunächst die wichtigsten Ergebnisse mitgeteilt.

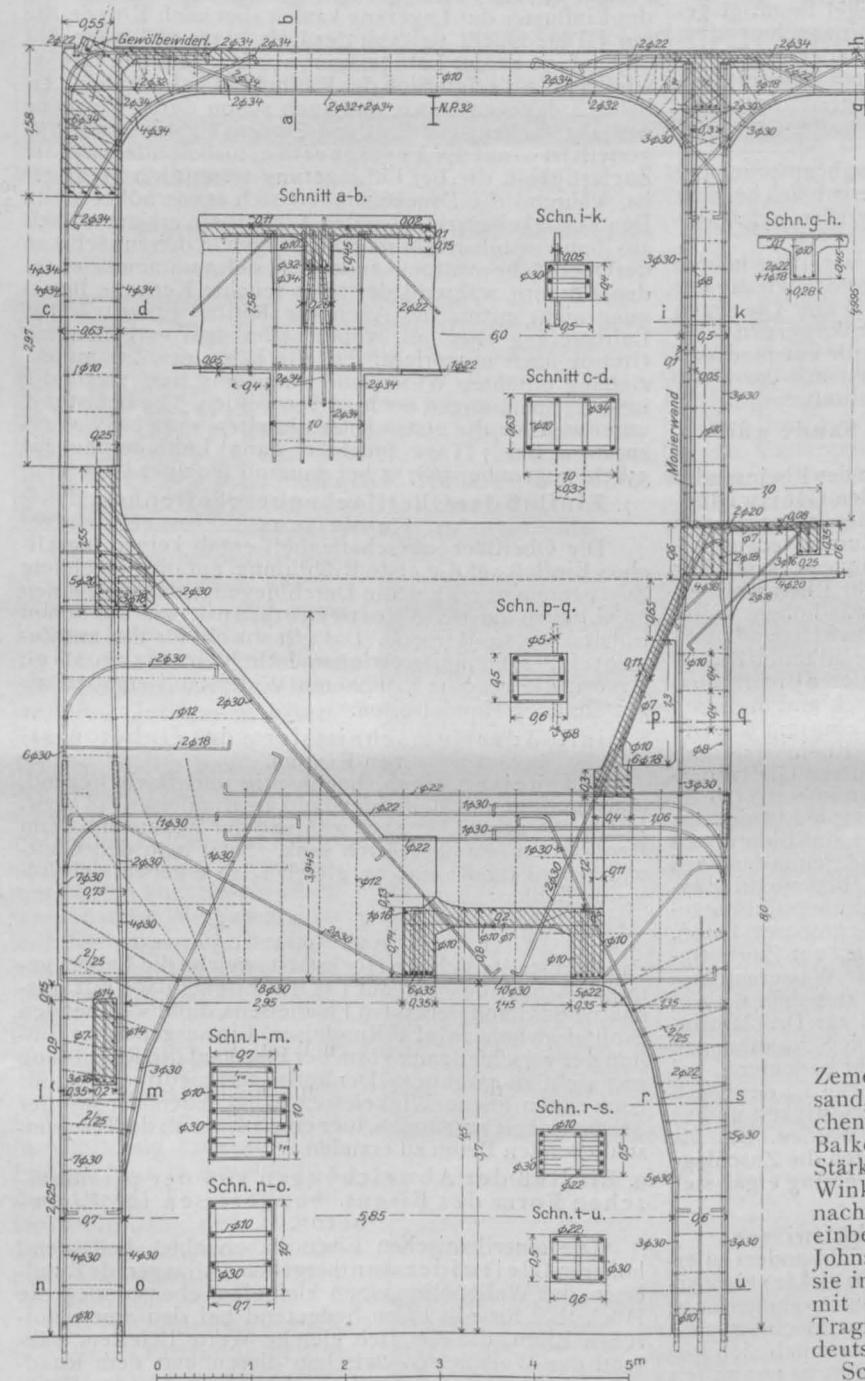


Abbildung 14. Querschnitt durch einen Müllbehälter unter Fortlassung der Hohlballen.

mit Meßvorrichtungen versehen wie bei den früheren Versuchen (vergl. 1907, S. 95 die entsprechenden Abbildungen).

Das Alter der Versuchsbalken war im allgemeinen 45 Tage. Sie wurden teils bis zur Prüfung auf feuchtem Sand mit nassen Säcken bedeckt, teils bis 7 Tage vor der Prüfung, oder nur die erste Woche in dieser Weise und dann an der Luft gelagert. Es wurden aber auch Balken von 28 Tagen, 6 Monaten und 1 Jahre Alter untersucht. Die Prüfung erfolgte vorwiegend mit demselben Zement (Heidelberger Zement von 25 kg/qcm Zug, 250 kg/qcm Druck bei der

**) Veröffentlicht in den Mitteilungen über Forschungsarbeiten, herausgegeben vom „Verein Deutscher Ingenieure“, Heft 22, 29, 39 und 45—47, besprochen in den „Mitteilungen über Zement, Beton und Eisenbetonbau“ 1905, S. 31, 1906, S. 77 u. 89, 1907, S. 32, 50, 94.

1. Einfluß des Wasserzusatzes.

Die Versuche ergaben die schon bekannte Tatsache, daß der Gleitwiderstand mit Zunahme des Wasserzusatzes abnimmt. Bei Wasserzusätzen von 6,8, 7,8, 9 und 10% ergab sich z. B. der Gleitwiderstand i. M. aus 3 Versuchen zu 24,9, 21,7, 20, 18,2 kg/qcm, oder, wenn der Widerstand mit dem niedrigsten Wasserzusatz gleich 1 gesetzt wird, das Verhältnis 1:0,87:0,86:0,73. In den Einzelwerten ergaben sich bei denselben Versuchsreihen allerdings ziemlich bedeutende Abweichungen.

Gleichzeitig wurde der Einfluß des Wasserzusatzes auf die Druck- und Zugfestigkeit des Betons nachgeprüft und dabei die schon bekannte Regel bestätigt gefunden, daß die Festigkeit des Betons mit zunehmendem Wasserzusatz abnimmt und zwar ganz besonders die Druckfestigkeit. Bei zwei Versuchsreihen, deren eine mit erdfeuchtem, die andere mit Gußbeton hergestellt war, ergaben sich Druckfestigkeiten von 274 bzw. 166 kg/qcm, also ein Unterschied von 39%.

Der Dehnungskoeffizient für Zugbeanspruchung (reziproker Wert des Elastizitätsmoduls) ergab sich bei dem Beton mit höherem Wasserzusatz etwas größer, sodaß also dessen Elastizität eine höhere wäre.

Auf die Ribbildung der Balken wirkt der höhere Wasserzusatz, dem ja auch eine geringere Zugfestigkeit des Betons entspricht, ebenfalls ungünstig ein. Die ersten Risse treten um so früher auf, je höher der Wasserzusatz ist.

Die Durchbiegung der Balken wurde entsprechend der Zunahme des Dehnungskoeffizienten mit der Höhe des Wasserzusatzes ebenfalls größer ermittelt.

2. Einfluß der verschiedenen Sande und Zuschläge.

Die Versuche ergaben für den Ersatz des Rheinsandes durch den Dresdener Grubensand für den Gleitwiderstand etwas höhere Mittelwerte, für Basaltquetschsand beim Wasserzusatz α etwas höhere, für Zusatz β etwas niedrigere Werte. Dasselbe gilt vom Kalksteinquetschsand. Für Basaltmaschinengeschläge als Ersatz für Rheinsand ergeben sich für beide Wasserzusätze etwas höhere Werte (19,8 bzw. 18,5%), dagegen fiel der Gleitwiderstand nicht unbedeutend ab, wenn auch der Rheinsand durch Basaltquetschsand ersetzt wurde. v. Bach führt diesen Unterschied darauf zurück, daß der verwendete Quetschsand und auch der Basalt-Schotter bedeutende Mengen Feines enthält. Die Verwendung von Bimskies anstelle von Rheinkies ergab für Wasserzusatz α einen erheblich kleineren Gleitwiderstand (14,3%), für Zusatz β dagegen einen höheren (10%). Der Unterschied bei größerem Wasserzusatz ergibt sich aus dem Auftrieb des Bimskieses im Wasser, sodaß dieser nach der Oberfläche des Balkens steigt, während sich das Eisen ein zementreicherer Mörtel lagert. Sehr bedeutend überstieg der Gleitwiderstand der aus Zement und Sand hergestellten Balken diejenigen der Balken aus größerem Beton.

Das Verhältnis des Gleitwiderstandes zur Zugfestigkeit schwankt bei den Betonbalken für Wasserzusatz α zwischen 1 und 1,3, bei Wasserzusatz β zwischen 1,1 und 1,4, das Verhältnis von Gleitwiderstand zur Druckfestigkeit zwischen 0,09—0,14 und 0,10—0,18. Die Schwankungen sind bei der Zugfestigkeit also nicht sehr bedeutend, bei der Druckfestigkeit etwas höher. Im Mittel ist der Gleitwiderstand zum rd. 1—1,4 fachen der Zugfestigkeit und zu rd. $\frac{1}{11}$ — $\frac{1}{8}$ der Druckfestigkeit ermittelt worden. Daß die Dehnungskoeffizienten bei Zug durch die Zuschläge stärker beeinflusst werden, war bekannt; gering ergab sich dagegen der Einfluß auf die Ribbildung.

3. Einfluß des Mischungsverhältnisses.

Die Untersuchungen ergaben, wie nicht anders zu erwarten, daß ebenso wie die Zug- und Druckfestigkeiten mit dem fetteren Mischungsverhältnis zunehmen, auch der Gleitwiderstand wächst und zwar in einem ganz ähnlichen Verhältnis. Bei Wasserzusatz α ergab sich $\tau = 32,9$ kg/qcm für die Mischung 1:1,5:2, dagegen nur zu 17,5 kg/qcm, also nur etwa gleich der Hälfte, für 1:3:4. Während die Dehnungskoeffizienten für Zug und dementsprechend auch die Durchbiegungen mit den höheren Zuschlägen wuchsen, treten die ersten Risse bei den fetteren Mischungen erst bei bedeutend höheren Lasten auf. Das Verhältnis der berechneten zur an Zugkörpern gemessenen Zugspannung ergab sich als für alle 3 Mischungen ziemlich gleich, das Verhältnis der berechneten Zugspannung zum Gleitwiderstand fast konstant gleich 1.

4. Einfluß des Zementes.

Die Versuche ergaben, daß die Schwankungen in der Größe des Gleitwiderstandes und der Zugspannungen beim Auftreten der ersten Risse für den Zement mit einer die Normenfestigkeit wenig überschreitenden Festigkeit gegenüber einem hochwertigen Zement nicht so bedeutend waren, als man hätte erwarten dürfen.

5. Einfluß des Alters.

Es liegen bisher nur die Ergebnisse von 28 bzw. 45 Tagen und 6 Monaten vor. Es zeigt sich die schon früher durch v. Bach festgestellte Erscheinung, daß der Gleitwiderstand mit dem Alter wächst, daß sich aber die Unterschiede desselben bei verschiedenem Wasserzusatz mit der Zeit mehr ausgleichen. In ausgeprägtem Maße zeigt sich eine Zunahme der Belastung, bei deren Überschreitung Risse auftreten.

6. Einfluß der Lagerung.

Bei den bisher mitgeteilten Ergebnissen waren alle Proben bis zur Prüfung feucht gelagert, zur Feststellung des Einflusses der Lagerung kamen aber auch Körper, die nur 7 Tage feucht, dann an der Luft, bzw. 38 Tage feucht und 7 Tage an der Luft gelagert wurden. Auf den Gleitwiderstand zeigte sich der Einfluß nur unbedeutend, erheblich dagegen — wie das auch schon durch Versuche des „Vereins deutscher Portland-Cement-Fabrikanten“ festgestellt ist — auf die Festigkeiten, insbesondere auf die Zugfestigkeit, die bei Luftlagerung wesentlich niedriger ist, während die Druckfestigkeit sich etwas höher stellt. Den Festigkeitsverlust bei den Zugkörpern erklärt v. Bach aus dem Entstehen innerer Spannungen in den zunächst an der Oberfläche austrocknenden und sich zusammenziehen den Körpern, während der noch feuchte Kern die Bewegung nicht mitmacht. Auch die Ribbildung tritt bei Luftlagerung eher auf, wobei außer dem vorgenannten Grunde noch mitspricht, daß die Eisen der Zusammenziehung erhöhten Widerstand entgegensetzen, sodaß die inneren Spannungen noch größer werden. Die Belastung, unter welcher die ersten Risse eintraten, sank bei Wasserzusatz α bei 7 Tage feuchter, dann Luftlagerung auf 3583 kg gegenüber 5687 kg bei dauernd feuchter Lagerung.

7. Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit des Rundeseisens.

Die Oberflächenbeschaffenheit ergab keinen merklichen Einfluß auf die erste Ribbildung, auf die berechnete Zugspannung und auf die Durchbiegung, dagegen einen erheblichen auf den Gleitwiderstand, wie das schon früher festgestellt wurde. Das gilt sowohl für die mit Zement eingeschlemmten, wie namentlich für stark rostige Eisen, die etwa 44% höheren Widerstand ergaben als gewöhnliche Handelseisen.

8. Einfluß der Querschnittsform des einbetonierten Eisens.

Flacheisen ergab, hochkantig und flach liegend, einen geringeren Gleitwiderstand als Rundeisen (18 bzw. 14,4 kg/qcm, gegenüber 22,7), während der Widerstand beim Profileisen ganz erheblich sank. Setzt man den Gleitwiderstand für Rundeisen gleich 1, so ergeben sich folgende Zahlen:

Rundeisen	V	Λ	I	I
1	0,58	0,13	0,56	0,56

dagegen stellte sich die Höchstlast, welche die Balken getragen haben, bezogen auf 1 kg der Eiseneinlage mit Ausnahme des flach liegenden Flacheisens, durchweg bei den Profileisen höher als bei Rundeisen. Ein ausgeprägter Einfluß der verschiedenen Form der Eisen auf die Ribbildung war nicht zu erkennen. Der auffallend niedrige Wert für nach unten offene Winkeleisen hängt jedenfalls mit der Schwierigkeit zusammen, hier einen dicht an das Eisen anschließenden Beton zu erzielen.

9. Einfluß der Abweichungen von der prismatischen Form des Eisens. Sondereisen für Eisenbeton.

Die amerikanischen Eisen haben einen bedeutend höheren Gleitwiderstand ergeben als das gerade Rundeisen, das Welleneisen einen kleineren, ebenso stieg die Höchstlast für 1 kg Eisen bedeutend bei den amerikanischen Eisen, die ziemlich gleiche Werte lieferten, während das Welleneisen zwischen diesen und dem Rundeisen stand. Alle Sondereisen aber sprengten den Beton mit dem Fortschritt des Gleitens unter der Höchstlast. Rostiges Rundeisen blieb übrigens hinter dem Mittelwert des Gleitwiderstandes der amerikanischen Sondereisen nicht weit zurück. Auf das Auftreten der ersten Risse haben die Sondereisen keinen Einfluß, ebenso wenig auf die Durchbiegung. Es zeigten sich bei Anwendung dieser Eisen weit zahlreichere Risse im Balken als bei Rundeisen.

Den kurz zusammengefaßten Ergebnissen ist das gesamte Versuchsmaterial in Tabellenform beigegeben, aus denen sich für den Fachmann noch mancherlei wertvolle Aufschlüsse gewinnen lassen.

Inhalt: Die Eisenbeton-Konstruktionen der städtischen Müllverbrennungs-Anstalt in Frankfurt a. M. (Schluß). — Die Berechnung vierseitig aufgelagerter Platten. — Literatur. —

Verlag der Deutschen Bauzeitung, G. m. b. H., Berlin. Für die Redaktion verantwortlich Fritz Eiselen, Berlin. Buchdruckerei Gustav Schenck Nachflg., P. M. Weber, Berlin.